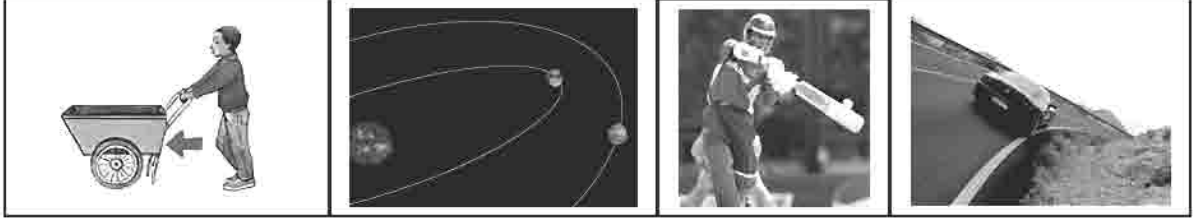


তৃতীয় অধ্যায় বল FORCE



[স্যার আইজাক নিউটন বস্তু গতি নিয়ে ব্যাপক গবেষণা করেন। তিনি গতির মৌলিক নীতিগুলোকে তিনটি সূত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করেন। এ অধ্যায়ে আমরা গতি বিষয়ক এই সূত্রগুলো আলোচনা করব। এ ছাড়াও বস্তুর জড়তা, বল, বলের প্রকৃতি, ভরবেগ, ঘর্ষণ ও নিরাপদ ভ্রমণ নিয়ে এ অধ্যায়ে আলোচিত হবে।]

এই অধ্যায় পাঠ শেষে আমরা –

১. বস্তুর জড়তা ও বলের গুণগত ধারণা নিউটনের গতির প্রথম সূত্র ব্যবহার করে ব্যাখ্যা করতে পারব।
২. বিভিন্ন প্রকার বলের প্রকৃতি ব্যাখ্যা করতে পারব।
৩. সাম্য ও অসাম্য বলের প্রভাব ব্যাখ্যা করতে পারব।
৪. ভরবেগ ব্যাখ্যা করতে পারব।
৫. গতি এবং বস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
৬. নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্র ব্যবহার করে বল পরিমাপ করতে পারব।
৭. নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র ব্যবহার করে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
৮. নিরাপদ ভ্রমণে গতি এবং বলের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
৯. ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ ব্যাখ্যা করতে পারব।
১০. বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণ এবং ঘর্ষণ বল ব্যাখ্যা করতে পারব।
১১. বস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।
১২. ঘর্ষণহ্রাস-বৃদ্ধি করার উপায় ব্যাখ্যা করতে পারব।
১৩. আমাদের জীবনে ঘর্ষণের ইতিবাচক প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারব।

৩.১ জড়তা এবং বলের গুণগত ধারণা- নিউটনের প্রথম সূত্র

Inertia and qualitative concept of force- Newton's first law

আমরা আমাদের চারপাশে নানা ধরনের বস্তু দেখতে পাই। এদের কোনোটি স্থির, আবার কোনোটি গতিশীল। স্থিতি, গতি, সরণ, বেগ, ত্বরণ ইত্যাদি সম্পর্কে আমরা ইতোমধ্যেই জেনেছি। স্থির বস্তুগুলোর মধ্যে রয়েছে চেয়ার, টেবিল, ঘরবাড়ি, কাঠের গুঁড়ি ইত্যাদি। আবার গতিশীল বস্তুগুলোর মধ্যে রয়েছে চলন্ত রিকশা, বাস, সাইকেল, পতনশীল বস্তু ইত্যাদি। স্থির বস্তুগুলো কি নিজে থেকে নিজেদের গতিশীল করতে পারে? আজ রাতে তোমার পড়ার টেবিলকে যেখানে দেখতে পেলো আগামীকাল সকালে এটি কি সেখানে থাকবে? এসব বাস্তব অভিজ্ঞতা থেকে আমরা কী দেখতে পাই? আমরা দেখি, যে বস্তুগুলো স্থির ছিল সেগুলো স্থিরই রয়েছে। এগুলো নিজে থেকে গতিশীল হতে পারে না। আবার ধর, তোমার এক বন্ধু সমতল রাস্তায় সাইকেল চালিয়ে যাচ্ছে। কোনো এক সময় সে সাইকেলে প্যাডেল দেওয়া বন্ধ করে দিল। সাইকেলটি কি সঙ্গে সঙ্গে থেমে যাবে? আমরা দেখতে পাই সাইকেলটি কিছু পথ চলার পর আস্তে আস্তে থেমে যায়। যদি বায়ুর বাধা এবং রাস্তার ঘর্ষণ না থাকত তাহলে সাইকেলটি কি অবিরাম গতিতে চলতে থাকত?

এ সকল ঘটনা থেকে আমরা বুঝতে পারি, প্রত্যেক বস্তুই যে অবস্থায় আছে, সেই অবস্থায়ই থাকতে চায়। কোনো বস্তু যদি স্থির থাকে, তবে এটি স্থিরই থাকতে চায়। আবার বস্তু গতিশীল থাকলে এটি গতিশীল থাকতে চায়। বস্তুর নিজস্ব অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাই হলো জড়তা। সুতরাং বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা সে অবস্থা বজায় রাখতে চাওয়ার যে ধর্ম তাকে জড়তা বলে।

কোনো বস্তুর জড়তা এর ভরের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ ভর হচ্ছে এর জড়তার পরিমাপ। যে বস্তুর ভর বেশি তার জড়তা বেশি। অন্যভাবে বলা যায়, যে বস্তুর জড়তা বেশি তাকে গতিশীল করা, বেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করা কিংবা বেগের দিক পরিবর্তন করা তত কঠিন।

নিজে কর

- একটি কলম ও একটি বই টেবিলের উপর রাখ। এবার কলমটিকে হাতের আঙুল দিয়ে টোকা দাও। কী দেখতে পেলো? কলমটি টেবিলের উপর খানিকটা দূরে সরে গেল।
- এবার বইটিকে আগের মতোই আঙুল দিয়ে টোকা দাও। বইটি আদৌ সরেছে না। এবার বইটিকে হাত দিয়ে ধাক্কা দাও। এখন বইটি এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরে যাবে।

কলম ও বইয়ের মধ্যে বইকে সরাতে বেশি চেষ্টা করতে হয়েছে কারণ, কলমের চেয়ে বইয়ের ভর বেশি অর্থাৎ জড়তা বেশি।

জড়তার উদাহরণ

থেমে থাকা বাস হঠাৎ চলতে শুরু করলে বাসযাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়েন। এর কারণ হলো স্থিতি জড়তা। বাস যখন স্থির অবস্থায় থাকে তখন যাত্রীর শরীরও স্থির থাকে। কিন্তু বাস চলতে আরম্ভ করলে যাত্রীর শরীরের বাস

সংলগ্ন অংশ গতিশীল হয়। কিন্তু শরীরের উপরের অংশ স্থিতি জড়তার জন্য স্থির অবস্থায় থাকতে চায়। তাই শরীরের নিচের অংশ সাপেক্ষে উপরের অংশ পিছিয়ে পড়ে। যার ফলে যাত্রী পেছনের দিকে হেলে পড়েন। আবার চলন্ত বাসে হঠাৎ ব্রেক করলে যাত্রীরা সামনের দিকে ঝুঁকে পড়েন। বাস যখন চলন্ত অবস্থায় থাকে, তখন বাসের যাত্রীও বাসের সাথে একই গতিপ্রাপ্ত হয়। বাস হঠাৎ থেমে গেলে বাসের সাথে সাথে যাত্রীর শরীরের নিচের অংশ স্থির হয়। কিন্তু বাসযাত্রীর শরীরের উপরের অংশ গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে এগিয়ে যায়।

গাড়ি চালানোর সময় গাড়ির চালকগণ নিরাপত্তার কারণে সিটবেল্ট বাঁধেন। এর কারণ কী? এর মূলে রয়েছে জড়তা। যদি তিনি সিটবেল্ট ব্যবহার না করেন, তবে দ্রুত ব্রেক করার কারণে গতি জড়তার জন্য সামনের দিকে ঝুঁকে পড়বেন। এর ফলে তিনি তার সামনে গাড়ির স্টিয়ারিংসহ অন্যান্য বস্তুতে সজোরে আঘাত করবেন, ফলে মারাত্মক দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। শুধু চালক নয়, যে সকল গাড়িতে সিট বেল্টের ব্যবস্থা আছে সেই সকল গাড়ির যাত্রীদেরও সিট বেল্ট বঁধা উচিত।

বল

আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতা থেকে বল সম্পর্কে একটি সাধারণ ধারণা আছে। আমরা যখন কোনো বস্তুকে টানি বা ঠেলি, তখন আমরা বলি যে বস্তুটিতে বল প্রয়োগ করা হয়েছে। এই প্রযুক্ত বল স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে, আবার গতি সৃষ্টির চেঁচাও করতে পারে। আবার বস্তুটি যদি গতিশীল অবস্থায় থাকে, তাহলে প্রযুক্ত বল বস্তুটিকে ধামাতে পারে বা বেশ বৃদ্ধির চেঁচা করতে পারে। অর্থাৎ কোনো বল বস্তুতে ত্বরণ সৃষ্টি করতে পারে। বল কোনো বস্তুকে বিকৃতও করতে পারে অর্থাৎ আকারের পরিবর্তন করতে পারে। আমরা যখন কোনো রাবারের টুকরা বা স্প্রিংয়ের দুইপ্রান্ত ধরে বল প্রয়োগ করি তখন তা বিকৃত হয়ে প্রসারিত বা সংকুচিত হয়।



চিত্র: ৩.১

এখন আমরা দেখব নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে কীভাবে জড়তা ও বল সম্পর্কে ধারণা লাভ করা যায়। নিউটনের গতি বিষয়ক প্রথম সূত্রটি হলো—

‘বাহ্যিক কোনো বল প্রয়োগ না করলে স্থির বস্তু স্থির থাকবে এবং গতিশীল বস্তু সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে থাকবে।’

নিউটনের প্রথম সূত্রটি পদার্থের জড়তা ধর্মকে প্রকাশ করে এবং বলের সংজ্ঞা প্রদান করে।

নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে দেখতে পাই যে, কোনো বস্তু নিজে থেকে তার অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে পারে না। বস্তু স্থির থাকলে চিরকাল স্থির থাকতে চায়, আর গতিশীল থাকলে চিরকাল সুষম দ্রুতিতে সরলপথে চলতে চায়। বস্তুর এ ধর্মই হলো জড়তা। অর্থাৎ নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে জড়তার ধারণা পাওয়া যায়।

আবার নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে জানা যায় যে, বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে হলে বাইরে থেকে একটা কিছু প্রয়োগ করতে হবে। অর্থাৎ যা বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করতে বাধ্য করে বা করতে চায় তাই হচ্ছে বল। তাই নিউটনের প্রথম সূত্র থেকে বলের গুণগত সংজ্ঞা পাওয়া যায়। নিউটনের প্রথম সূত্রানুসারে বা স্থির বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তাকে গতিশীল করে বা করার চেঁচা করে বা যা গতিশীল বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তার গতির পরিবর্তন করে বা করার চেঁচা করে তাকে বল বলে।

৩.২ বলের প্রকৃতি

Nature of force

স্পর্শ বল :

দৈনন্দিন জীবনে বিভিন্ন ধরনের বলের সঙ্গে আমাদের পরিচয় ঘটে। এদের প্রকৃতিও বিভিন্ন ধরনের। এদের কোনোটি দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের ফলে সৃষ্টি হয়। আবার এমন কতকগুলো বল রয়েছে যেখানে দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের প্রয়োজন নেই। যে বল সৃষ্টির জন্য দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের প্রয়োজন তাকে স্পর্শ বল বলে। যখন আমরা হাত দিয়ে কোনো বস্তুকে ঠেলি বা টানি তখন আমাদের হাত বস্তুর উপর একটি বল প্রয়োগ করে। এই ঠেলা বা টানা বল হচ্ছে স্পর্শ বল। কেননা হাত ও বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের ফলশ্রুতি হচ্ছে এ বল। স্পর্শ বলের উদাহরণ হলো- ঘর্ষণ বল, টান বল এবং সংঘর্ষের সময় সৃষ্টি বল।

আমরা জানি, একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে গতির বিরুদ্ধে বাধাদানকারী ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হয়। এখানে দুইটি বস্তুর তলের মধ্যে প্রত্যক্ষ সংস্পর্শের ফলে ঘর্ষণ বলের উদ্ভব হয়। মেঝের উপর দিয়ে একটি বস্তুকে টেনে নেওয়ার সময় আমরা টান বল প্রয়োগ করি। বস্তুর গতির বিপরীত দিকে তখন ঘর্ষণ বলের সৃষ্টি হয়।

অস্পর্শ বল :

দুইটি বস্তুর প্রত্যক্ষ সংস্পর্শ ছাড়াই যে বল ক্রিয়া করে তাকে অস্পর্শ বল বলে। যেমন দুইটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণমূলক মহাকর্ষ বল, দুইটি আহিত বস্তুর মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বা বিকর্ষণকারী তড়িৎ বল, দুইটি চুম্বকের মেরুর মধ্যে আকর্ষণ বা বিকর্ষণমূলক বল অথবা একটি চুম্বক ও একটি চৌম্বক পদার্থের মধ্যে ক্রিয়াশীল আকর্ষণ বল হলো অস্পর্শ বল তথা দূরবর্তী বলের উদাহরণ।

নিজ্ঞে কর : তুমি হাত থেকে কলম বা পেন্সিল বা অন্য যেকোনো একটি বস্তু ছেড়ে দাও।

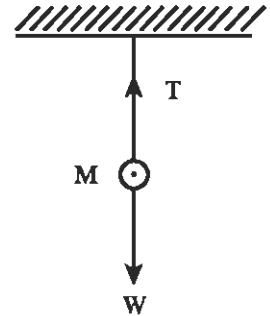
বস্তুটি নিচের দিকে পড়বে। কেউ নিশ্চয়ই বস্তুটিকে নিচের দিকে টানছে। কে টানছে? পৃথিবী বস্তুটিকে তার দিকে টানছে, যদিও বস্তু ও পৃথিবীর মধ্যে সরাসরি কোনো সংযোগ নেই অর্থাৎ পৃথিবী বস্তুটিকে স্পর্শ করে নাই। পৃথিবী বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করছে। এখানে মহাকর্ষ বল হচ্ছে অস্পর্শ বল। মহাবিশ্বের যেকোনো দুইটি বস্তু পরস্পরের উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে থাকে। অবশ্য পৃথিবী যখন কোনো বস্তুর উপর মহাকর্ষ বল প্রয়োগ করে তখন তাকে অভিকর্ষ বল বলা হয়ে থাকে।

৩.৩ সাম্য ও অসাম্য বল

Balanced and unbalanced forces

কোনো বস্তুর উপর একাধিক বল ক্রিয়া করলে যদি বলের লব্ধি শূন্য হয় অর্থাৎ বস্তুর কোনো ত্বরণ না হয়, তখন আমরা বলি বস্তুটি সাম্যাবস্থায় আছে। যে বলগুলো এই সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করে তাদেরকে সাম্য বল বলে।

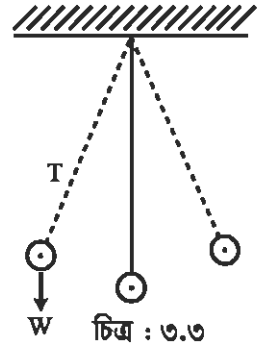
চিত্রে দেখা যাচ্ছে একটি গোলককে বা কোনো বস্তুকে একটি সূতার সাহায্যে ঝুলিয়ে দেওয়া আছে। এখন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণ বল তথা বস্তুর ওজন W খাড়া নিচের দিকে ক্রিয়া করছে। আবার সূতার টান T খাড়া উপরের দিকে ক্রিয়া করছে। এখানে বল দুইটি সমান ও বিপরীতমুখী হওয়ায় একে অপরের ক্রিয়াকে নিষ্কিন্ম করে দিয়ে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করেছে।



চিত্র : ৩.২

যদি উপরিউক্ত চিত্রে সূতা কেটে দেওয়া হয় তাহলে বস্তুর উপর কেবলমাত্র পৃথিবীর আকর্ষণ তথা অভিকর্ষ বল ক্রিয়া করবে। ফলে বস্তুটি অভিকর্ষ ত্বরণ সহকারে নিচের দিকে পড়তে থাকবে। এখানে অভিকর্ষ বল বা বস্তুর ওজন হচ্ছে অসাম্য বল।

যদি বস্তুটিকে একপাশে একটু টেনে নেওয়া হয় তাহলে সূতার টান T এবং বস্তুর ওজন W একই সরল রেখায় থাকবে না। ফলে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি না হয়ে বস্তুটির উপর একটি লব্ধি বল কাজ করবে। এর ফলে বস্তুটি দুলতে থাকবে। এটা অসাম্য বলের একটি উদাহরণ।



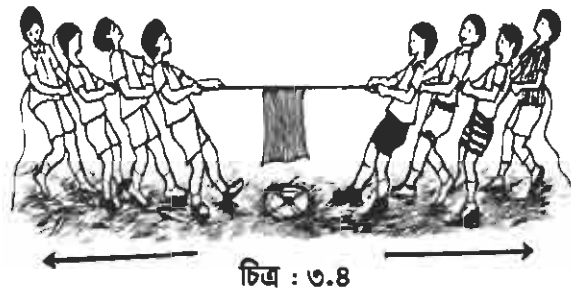
চিত্র : ৩.৩

সাম্য ও অসাম্য বলের অন্য উদাহরণ তোমরা রশি টানাটানি প্রতিযোগিতায় দেখে থাকতে পার।

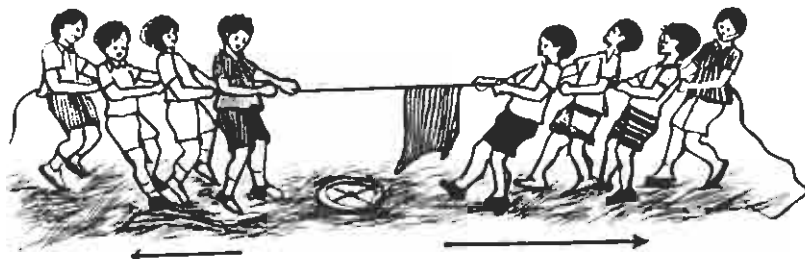
এই প্রতিযোগিতায় রশির মাঝখানে একটি রুমাল বাঁধা থাকে। প্রতিযোগিতার সময় সমান সংখ্যক প্রতিযোগী রশির দুই প্রান্ত ধরে তাদের দিকে রশিটিকে টেনে রুমালটিকে তাদের দিকে

সরাতে চেষ্টা করে। রুমালটি যদি কোনো দিকে না সরে তা হলে বুঝা যায় দুই দলই সমান বল প্রয়োগ করেছে ফলে রশিটি তথা রুমালটি সাম্যাবস্থায় আছে। এখানে দুই দলের প্রাপ্ত বল হলো সাম্য বল।

আর যদি কোনো একদল বেশি বল প্রয়োগ করতে পারে, তাহলে লব্ধি বল তাদের দিকে ক্রিয়া করে অসাম্য বলের সৃষ্টি করবে এবং রুমালটি তাদের দিকে সরে যাবে। ফলে প্রতিযোগিতায় তারা বিজয়ী ঘোষিত হবে।



চিত্র : ৩.৪



চিত্র : ৩.৫

৩.৪ ভরবেগ

Momentum

গতিশীল বস্তুর ভর ও বেগের সমন্বয়ে যে ভৌত রাশির উদ্ভব হয় তা হলো ঐ বস্তুর ভরবেগ। ভরবেগ বস্তুর ভর এবং বেগের উপর নির্ভরশীল। মালবাহী একটি ট্রাক এবং একটি প্রাইভেট গাড়ির কথা চিন্তা কর। মনে কর, দুইটি গাড়িই সমদ্রুতিতে একটি নির্দিষ্ট দিকে গতিশীল। গাড়ি দুইটিকে একই দূরত্বের মধ্যে থামাতে হবে। কোন গাড়িটিকে থামাতে শক্তিশালী ব্রেক প্রয়োগ করতে হবে? ট্রাককে। কারণ ট্রাক এবং গাড়ি একই দ্রুতিতে গতিশীল থাকা সত্ত্বেও ট্রাক যে ভৌত রাশি বেশি ধারণ করে তা হলো এর ভরবেগ।

কোনো গতিশীল বস্তুকে থামানো কত কষ্টসাধ্য বা কঠিন ভরবেগ হচ্ছে তার একটি পরিমাপ। ভরবেগ বলের সঙ্গে সম্পর্কিত। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্রে এ সম্পর্কটি পরিমাণগতভাবে পাওয়া যায়।

কোনো বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলকে এর ভরবেগ বলে।

ধরি, একটি বস্তুর ভর = m

বেগ = v

$$\therefore \text{ভরবেগ } p = mv \quad (3.1)$$

ভরবেগ একটি ভেক্টর রাশি। এর দিক বেগের দিকে।

সমীকরণ (3.1) থেকে দেখা যায়, কোনো বস্তুর ভর যত বেশি হবে এবং বস্তু যত দ্রুত চলবে তার ভরবেগও তত বেশি হবে।

একক: ভরবেগের একক হলো, ভরের একক $\times$ বেগের একক অর্থাৎ $\text{kg} \times \text{ms}^{-1}$ বা kg ms^{-1} ।

1 kg ভরের কোনো বস্তু 1ms^{-1} বেগে চললে এর ভরবেগ হবে 1kg ms^{-1}

ভরবেগের মাত্রা : $[p] = MLT^{-1}$

৩.৫ বস্তু গতির এবং আকারের উপর বলের প্রভাব

Effect of force on motion and shape of a body

প্রযুক্ত বল কোনো স্থির বস্তুকে গতিশীল করতে পারে

যখন কোনো খেলোয়াড় স্থির ফুটবলকে কিক করেন তখন কী ঘটে? দেখা যায় যে, ফুটবলটি স্থির অবস্থা থেকে যে দিকে ফুটবলটিকে কিক করা হয়েছে সে দিকে গতিশীল হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে ফুটবলটি স্থির অবস্থা থেকে ত্বরণ লাভ করে। এক্ষেত্রে সৃষ্ট ত্বরণের মান ধনাত্মক এবং ত্বরণের দিক হলো কিকের মাধ্যমে যে দিকে বল প্রয়োগ করা হয় সেই দিকে।

প্রযুক্ত বল গতিশীল বস্তুর বেগ বৃদ্ধি করতে পারে

নিজ্ঞে করি: একটি গড়ানো মার্বেলকে মার্বেলটি যে দিকে গড়িয়ে যাচ্ছে সে দিক বরাবর টোকা দাও। কী দেখতে পেলো?

মার্কেন্ট অল্পও বেশি দ্রুত পড়তে লাগল। একেত্রে মার্কেন্টের গতি বৃদ্ধি পেয়েছে অর্থাৎ মার্কেন্টের ঘনত্বক ত্বরণ হয়েছে।

কল প্রয়োগের ফলে গতিশীল বস্তুকে বোঝানো যায়

এবার ধরো, তোমার বন্ধু রিকশার তোমার সামনে দিচ্ছে। তাকে দেখতে পেয়ে তুমি রিকশা টেনে ধরলে। তা হলে রিকশার গতি মন্থর হবে অর্থাৎ কল প্রয়োগে গতিশীল রিকশার বেগ কমে গেল।

প্রকৃত কল কোনো গতিশীল বস্তুর বেগের দিক পরিবর্তন করতে পারে

ক্রিকেট খেলায় একজন খেলোয়াড় বিশরীত দিক থেকে আগত ক্রিকেট বলকে ব্যাট দ্বারা আঘাত করেন। ব্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে বলটির বেগের মান ও দিক উভয়েই পরিবর্তিত হয়। যে দিক থেকে বলটি আসছিল ব্যাট দ্বারা আঘাতের ফলে এটি অন্য কোনো দিকে গতিশীল হয়। একেত্রেও ক্রিকেট বলটির ত্বরণ হয়েছে।

বস্তুর আকারের উপর বলের প্রভাব

আমাদের চারপাশে এমন অনেক উদাহরণ রয়েছে যেখানে বলের ক্রিয়ায় বস্তুর আকারের পরিবর্তন হয়। একটি খালি প্লাস্টিকের পানির বোতল চেপে ধরলে বোতলের আকারের পরিবর্তন হয়। আবার যখন কোনো রাবার ব্যাডকে টেনে প্রসারিত করা হয়। তখন এটি সরু হয়ে যায় অর্থাৎ এর আকারের পরিবর্তন হয়।



চিত্র: ৩.৬

কখনো কখনো বলের ক্রিয়ায় বস্তুর এই আকার পরিবর্তন

কর্ণন্যায়ী হয়। আবার কখনো কল প্রয়োগের ফলে স্বাধীনভাবে বস্তুর আকারের পরিবর্তন সংঘটিত হয়। উদাহরণ হিসেবে দুমড়ে-মুচড়ে যাওয়া ধাতব ক্যান অথবা দুর্ঘটনার পরে কোনো গাড়ির ক্ষেত্রে এ ধরনের পরিবর্তন ঘটে।

৩.৬ কল এবং ত্বরনের সম্পর্ক – নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র

Relation between force and acceleration- Newton's second law

নিউটনের প্রথম সূত্র বলের পূর্ণগত ধারণা দেয়। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র কল পরিমাপের সমীকরণ প্রদান করে।

নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে বস্তুর উপর ক্রিয়াশীল কল এবং এর ফলে সৃষ্ট ত্বরনের মধ্যে সম্পর্ক জানা যায়। সূত্রটি নিম্নরূপ :

বস্তুর ত্বরনের পরিবর্তনের হার এর উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং কল যেদিকে ক্রিয়া করে বস্তুর ত্বরনের পরিবর্তনও সেদিকে ঘটে।

ধরা যাক, m ভরবিশিষ্ট একটি বস্তু u আদিবেগে চলছে। এখন F ধ্রুব কল বস্তুর উপর t সময় ধরে বেগের অভিমুখে ক্রিয়া করলো। ধরা যাক, কল প্রয়োগের ফলে বস্তুর বেগ u হতে পরিবর্তিত হয়ে v হলো।

$$\therefore \text{বস্তুর আদি তরবেগ} = mu$$

$$\therefore \text{বস্তুর শেষ তরবেগ} = mv$$

$$t \text{ সময়ে বস্তুর তরবেগের পরিবর্তন} = mv - mu$$

$$\begin{aligned}\text{সুতরাং, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার} &= \frac{mv - mu}{t} \\ &= ma \quad \because \text{ত্বরণ, } a = \frac{v - u}{t}\end{aligned}$$

নিউটনের গতির দ্বিতীয় সূত্রানুসারে, বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $ma \propto F$

$$= kF \quad (3.2)$$

এখানে k একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এর মান বলের এককের উপর নির্ভর করে। এ সমীকরণ থেকে বলের এককের সংজ্ঞা দেওয়া হয়। বলের একককে বলা হয় নিউটন (N)। এ এককের সংজ্ঞা এমনভাবে দেওয়া হয় যাতে $k=1$ হয়।

যখন $m = 1\text{ kg}$, $a = 1\text{ ms}^{-2}$

তখন $F = 1\text{ N}$ ধরা হয় ফলে উপরিউক্ত (3.2) সমীকরণে $1 \times 1 = k \times 1$ বা $k=1$ হয়।

সুতরাং ভর m কে kg , ত্বরণ a কে ms^{-2} এবং বল F কে N -দ্বারা প্রকাশ করলে সমীকরণ (3.2) থেকে পাওয়া যায়—

$$\begin{aligned}ma &= 1.F \\ \text{বা } F &= ma \\ \text{বা বল} &= \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}\end{aligned} \quad (3.3)$$

বলের মাত্রা : $[F] = MLT^{-2}$ ।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.১: 50 kg ভরের একটি বস্তু উপর কত বল প্রয়োগ করা হলে এর ত্বরণ 4 ms^{-2} হবে ?

আমরা জানি

$$\begin{aligned}F &= ma \\ &= 50\text{ kg} \times 4\text{ ms}^{-2} \\ &= 200\text{ kg ms}^{-2} \\ &= 200\text{ N}\end{aligned}$$

উত্তর : 200 N

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 50\text{ kg}$

ত্বরণ, $a = 4\text{ ms}^{-2}$

বল, $F = ?$

গাণিতিক উদাহরণ ৩.২: একটি বালক 50 N বল দ্বারা 20 kg ভরের একটি বস্তুকে ধাক্কা দেয়। বস্তুর ত্বরণ কত হবে?

আমরা জানি

$$\begin{aligned}F &= ma \\ a &= \frac{F}{m} \\ &= \frac{50\text{ N}}{20\text{ kg}} \\ &= 2.5\text{ ms}^{-2}\end{aligned}$$

উত্তর : 2.5 ms^{-2}

এখানে,

বস্তুর ভর, $m = 20\text{ kg}$

প্রযুক্ত বল, $F = 50\text{ N}$

বস্তুর ত্বরণ, $a = ?$

৩.৭ ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল- নিউটনের তৃতীয় সূত্র

Action and reaction force- Newton's third law

বলের একটি বৈশিষ্ট্য হচ্ছে প্রকৃতিতে বল জোড়ায় জোড়ায় ক্রিয়া করে। যখনই কোনো বস্তুর উপর একটি বল প্রযুক্ত হয়, তখনই একটি সমমানের এবং বিপরীতমুখী বল অন্য একটি বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। এই বিষয়টিকে সাধারণত এভাবে বলা হয়-

প্রত্যেক ক্রিয়ারই একটি সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

এটি নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্র হিসেবে পরিচিত।

অর্থাৎ নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে ক্রিয়া বল ও প্রতিক্রিয়া বলের মান সমান কিন্তু এদের দিক বিপরীতমুখী। ৩.৭ চিত্রে P বস্তুটি যদি Q বস্তুটির উপর F_1 বল প্রয়োগ করে, তখন সূত্রানুসারে Q বস্তুটিও P বস্তুর উপর সমান ও বিপরীতমুখী বল F_2 প্রয়োগ করবে। এখানে P বস্তু কর্তৃক Q বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে ক্রিয়া বল এবং Q বস্তু কর্তৃক P বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বল বলে।



চিত্র : ৩.৭

সুতরাং, নিউটনের তৃতীয় সূত্রানুসারে, $F_2 = -F_1$

লক্ষণীয় যে, ক্রিয়াবল এবং প্রতিক্রিয়া বল সব সময়ই দুইটি ভিন্ন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে। প্রতিক্রিয়া বলটি ততক্ষণই থাকবে যতক্ষণ পর্যন্ত ক্রিয়াবলটি থাকবে।

উদাহরণ :

মাটির উপর হাঁটা

দৈনন্দিন জীবনে আমরা মাটির উপর দিয়ে হাঁটা বা দৌড়াই [চিত্র ৩.৮]। আমরা যখন মাটির উপর দিয়ে হাঁটা তখন পেছনের পা দ্বারা মাটির উপর পেছনের দিকে তীব্রভাবে একটি বল প্রয়োগ করি। এ বল হলো ক্রিয়া বল। তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী এই বলের বিপরীতে একটি প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি হয় এই প্রতিক্রিয়া বলের প্রভাবে আমরা রাস্তার উপর দিয়ে হাঁটতে সক্ষম হই।



চিত্র : ৩.৮

৩.৮ ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র ও সংঘর্ষ :

Conservation law of momentum and collision

একাধিক বস্তুর মধ্যে শুধু ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া ছাড়া অন্যকোনো বল কাজ না করলে কোনো নির্দিষ্ট দিকে তাদের মোট ভরবেগের কোনো পরিবর্তন হয় না। এটি হচ্ছে, ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র। ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র পদার্থবিজ্ঞানের একটি গুরুত্বপূর্ণ নীতি। এ নীতিকে কাজে লাগিয়ে আমরা অনেক ঘটনা ব্যাখ্যা করতে পারি।

তোমরা যারা মার্বেল খেলেছ তারা সম্ভবত দেখতে পেয়েছ কীভাবে একটি মার্বেল অন্য একটি মার্বেলকে আঘাত করে। এছাড়া সংবাদপত্র বা টেলিভিশনের মাধ্যমে তোমরা বিভিন্ন ধরনের সড়ক দুর্ঘটনার খবর জানতে পার। এ ধরনের ঘটনা হলো সংঘর্ষের বাস্তব উদাহরণ।

অর্থাৎ যখন একটি গতিশীল বস্তু অন্য একটি স্থির বা গতিশীল বস্তুকে ধাক্কা দেয়, তখন বস্তু দুইটির মধ্যে সংঘর্ষ হয়েছে বলা হয়। সংঘর্ষের ফলে বস্তু দুইটির প্রত্যেকটির উপর একটি বল ক্রিয়া করে। প্রথম বস্তু কর্তৃক দ্বিতীয় বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে ক্রিয়া বল বলা হলে দ্বিতীয় বস্তু কর্তৃক প্রথম বস্তুর উপর প্রযুক্ত বলকে প্রতিক্রিয়া বল বলা হয়। সংঘর্ষের সময় ক্রিয়াশীল এই দুইটি বলের মান সমান কিন্তু বিপরীতমুখী। সংঘর্ষের সময় দুইটি বস্তুর মধ্যে ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল ব্যতীত বাহ্যিক কোনো বল কাজ করে না। নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র থেকে আমরা পাই

$$F = \frac{mv - mu}{t}$$

এ সমীকরণটি থেকে আমরা ভরবেগের পরিবর্তনকে নিম্নরূপে প্রকাশ করতে পারি—

$$F \times t = mv - mu \quad (3.4)$$

অর্থাৎ

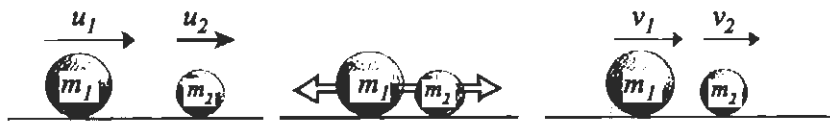
বল $\times$ সময় = ভরবেগের পরিবর্তন।

কিন্তু বল ও সময়ের গুণফলকে বলা হয় বলের ঘাত।

$\therefore$ বলের ঘাত = ভরবেগের পরিবর্তন

ধরা যাক m_1 ও m_2 ভরবিশিষ্ট দুইটি বস্তু A ও B যথাক্রমে u_1 এবং u_2 বেগ নিয়ে একই সরল রেখা বরাবর চলছে। A এর বেগ B এর বেগের চেয়ে বেশি হলে কোনো এক সময় A বস্তুটি B বস্তুটিকে ধাক্কা দিবে [চিত্র ৩.৯]।

B বস্তুর উপর A বস্তুর এ প্রযুক্ত বল হলো ক্রিয়া F_1 , B বস্তুটিও A বস্তুটিকে F_2 বল প্রয়োগ করবে এই F_2 বল হলো প্রতিক্রিয়া। নিউটনের গতির তৃতীয় সূত্রানুসারে $F_2 = -F_1$



চিত্র : ৩.৯

সংঘর্ষের সময় ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়া বল একই সময়ব্যাপী কাজ করে। ধরা যাক, ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার সময়কাল t । সংঘর্ষের পর বস্তু দুইটি পরিবর্তিত বেগে একই সরলরেখায় চলতে থাকবে। ধরা যাক A ও B এর পরিবর্তিত বেগ যথাক্রমে v_1 ও v_2 । ক্রিয়া ও প্রতিক্রিয়ার ফলে A ও B বস্তু দুইটির ত্বরণ যথাক্রমে a_1 ও a_2 হলে,

$$F_1 = -F_2$$

$$\text{বা, } m_1 a_1 = -m_2 a_2$$

$$\text{বা, } m_1 \frac{v_1 - u_1}{t} = -m_2 \frac{v_2 - u_2}{t}$$

$$\text{বা, } m_1 v_1 - m_1 u_1 = -m_2 v_2 + m_2 u_2$$

$$\text{বা, } m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

অতএব, A ও B বস্তু দুইটির সংঘর্ষের পূর্বের ও পরের ভরবেগের সমষ্টি সর্বদা সমান থাকে। এটিই ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র।

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৩ : ২০ kg ভরের একটি বস্তুর উপর ২০০০ N বল ০.১ s সময়ব্যাপী কাজ করে। বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তন কত হবে?

আমরা জানি

ভরবেগের পরিবর্তন = বল $\times$ সময়

$$mv - mu = Ft$$

$$= 2000 \text{ N} \times 0.1 \text{ s}$$

$$= 200 \text{ kg ms}^{-2} \text{ s}$$

$$= 200 \text{ kg ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{প্রযুক্ত বল, } F = 2000 \text{ N}$$

$$\text{বলের ক্রিয়া কাল, } t = 0.1 \text{ s}$$

$$\text{ভরবেগের পরিবর্তন, } mv - mu = ?$$

উত্তর : ভরবেগের পরিবর্তন = ২০০ kg ms⁻¹

গাণিতিক উদাহরণ ৩.৪ : একটি বন্দুক থেকে ৫০০ ms⁻¹ বেগে ১০ g ভরের একটি গুলি ছোড়া হলো। বন্দুকের ভর ২ kg হলে বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ নির্ণয় কর।

ধরা যাক গুলির বেগের দিক অর্থাৎ সম্মুখ দিক ধনাত্মক।

ভরবেগের সংরক্ষণ সূত্র থেকে আমরা জানি

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\text{বা } m_1 \times 0 \text{ ms}^{-1} + m_2 \text{ kg} \times 0 \text{ ms}^{-1} = 10^{-2} \text{ kg} \times 500 \text{ ms}^{-1} + 2 \text{ kg} \times v_2$$

$$\text{বা } v_2 = -\frac{5 \text{ kg ms}^{-1}}{2 \text{ kg}}$$

$$= -2.5 \text{ ms}^{-1}$$

এখানে,

$$\text{গুলির ভর, } m_1 = 10 \text{ g}$$

$$= 10 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$= 10^{-2} \text{ kg}$$

$$\text{বন্দুকের ভর, } m_2 = 2 \text{ kg}$$

$$\text{গুলির আদিবেগ, } u_1 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বন্দুকের আদিবেগ, } u_2 = 0 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{গুলির শেষ বেগ, } v_1 = 500 \text{ ms}^{-1}$$

$$\text{বন্দুকের পশ্চাৎ বেগ, } v_2 = ?$$

এখানে বন্দুকের বেগ ঋণাত্মক, অর্থাৎ বন্দুকটি পিছন দিকে গতিশীল হবে।

উত্তর : পশ্চাৎ বেগ = ২.৫ ms⁻¹

৩.৯ নিরাপদ ভ্রমণ: গতি ও বল

Safe journey : force and motion

নিরাপদ ভ্রমণের জন্য গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণ অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। আমরা আমাদের দৈনন্দিন প্রয়োজন মেটানোর জন্য গাড়িতে ভ্রমণ করি। ভ্রমণের সময় আমরা বিভিন্ন যানবাহন ব্যবহার করি। কখনো বাসে, কখনো ট্রেনে আবার কখনো বা ব্যক্তিগত যানবাহন ব্যবহার করি। এসব যানবাহনে ভ্রমণের সময় যানবাহনের গতি এবং বল ওতপ্রোতভাবে জড়িত। নিরাপদ ভ্রমণের ক্ষেত্রে গাড়ির গতি মুখ্য ভূমিকা পালন করে। গাড়ির গতি বা বেগ এমন হওয়া উচিত নয় যা

নিয়ন্ত্রণ করা সম্ভব নয়। দূরবর্তী গন্তব্যে ভ্রমণের জন্য প্রথমেই গন্তব্যস্থলে যাওয়ার রাস্তা এবং পরিবেশ সম্পর্কে আগে থেকে জেনে নেওয়া প্রয়োজন।

ভ্রমণ শুরু করার পূর্বেই গাড়ির চালককে তার গাড়ি ভালোভাবে পরীক্ষা করে নিতে হবে। উদাহরণস্বরূপ— গাড়ির টায়ার ও ব্রেক সঠিক আছে কিনা, গাড়ির ইঞ্জিন, ব্যবহৃত ব্যাটারি, সামনের এবং পেছনের বাতিসমূহ, গাড়ির ওয়াইপার এবং দুইপাশের সত্কেত দেওয়ার বাতিগুলো সঠিক এবং ভালোভাবে কাজ করেছে কিনা তা নিশ্চিত করতে হবে। এছাড়া গাড়িতে ব্যবহৃত দর্পণগুলো সঠিকভাবে উপযোজন করে নিতে হবে।

গাড়ি চালনার সময় প্রথমেই ড্রাইভার এবং আরোহীদের সিট বেল্ট বেঁধে নেওয়া উচিত। দেখা যায় যে, অধিকাংশ সড়ক দুর্ঘটনা খুব দ্রুত গাড়ি চালানোর জন্য ঘটে থাকে। তাই গাড়ির গতি নিয়ন্ত্রণের মধ্যে রাখতে চালককে সচেতন থাকতে হবে। বেগ বৃদ্ধির ফলে ভরবেগ বেশি হয়। যেমন— গাড়ির বেগ দ্বিগুণ হলে এর ভরবেগ পূর্বের তুলনায় দ্বিগুণ হয়। বেগ তিনগুণ হলে এর ভরবেগ তিনগুণ হয়। ফলে গাড়ির বেগ কমানো বা নিয়ন্ত্রণ কঠিন হয়ে পড়ে এবং ভয়াবহ দুর্ঘটনা ঘটে।

গাড়ির চালক এমন যানবাহন চালাবেন, যেটি চালানোর পূর্ব অভিজ্ঞতা তার রয়েছে। হঠাৎ করে নতুন কোনো যানবাহন চালানোর চেষ্টা করা উচিত নয়। দেখা যায় যে, তরুণরা আবেগের বশে নতুন গাড়ি চালাবার চেষ্টা করে। এটি মোটেও উচিত নয়। গাড়ি চালানোর সময় যখনই বিপরীত দিক থেকে কোনো গাড়ি আসতে দেখা যাবে তখনই গাড়ির গতি কমিয়ে ফেলতে হবে। ট্রাফিক সাইন এবং ট্রাফিক আইন মেনে চলা গাড়ি চালকের নাগরিক দায়িত্ব। গাড়ি চালনার সময় চালককে তাঁর গাড়ি চালনার দিকে সম্পূর্ণরূপে মনোনিবেশ করতে হবে।

দলীয়কাজ : নিরাপদ যানবাহন চালনা কার্যক্রমের উপর একটি পোস্টার অংকন।

৩.১০ ঘর্ষণ ও ঘর্ষণ বল

Friction and force of friction

দৈনন্দিন জীবনে আমরা ঘর্ষণের সঙ্গে নানাভাবে পরিচিত। নিউটনের গতির প্রথম সূত্র থেকে আমরা জানি যে, কোনো বস্তুর উপর বল ক্রিয়া না করলে, হয় বস্তুটি স্থির থাকবে, না হয় বস্তুটি সমবেগে সরলপথে চলতে থাকবে। বাস্তবে এমনটি ঘটে কি? তুমি একটি মার্বেল নাও এবং একে মেঝেতে গড়িয়ে দাও। মার্বেলটিকে তুমি যখন গড়িয়ে দাও তখন এর উপর তুমি বল প্রয়োগ কর। যার ফলে মার্বেলটি মাটির উপর দিয়ে গতিশীল হয়। নিউটনের প্রথম সূত্রানুযায়ী মার্বেলটি সমবেগে গতিশীল থাকার কথা। কিন্তু বাস্তবে দেখা যায় যে, মার্বেলটি খানিকটা দূরত্ব অতিক্রম করার পর থেমে যায়। মেঝের ঘর্ষণের জন্যই এমনটি ঘটে। মার্বেলটি যখন মেঝের উপর গতিশীল থাকে, তখন মার্বেল ও মেঝের পারস্পরিক ঘর্ষণের ফলে একটি ঘর্ষণ বলের উৎপত্তি হয়। এ বল গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে এবং গতিকে বাধাগ্রস্ত করে। যদি মেঝের ঘর্ষণ না থাকত তাহলে মার্বেলটি একই বেগ নিয়ে অবিরাম গতিতে চলতে থাকত।

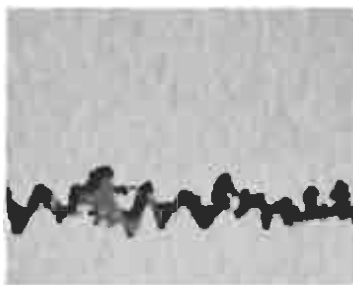
একটি বস্তু যখন অন্য একটি বস্তুর সংস্পর্শে থেকে একের উপর দিয়ে অপরটি চলতে চেষ্টা করে বা চলতে থাকে তখন বস্তুদ্বয়ের স্পর্শতলে গতির বিরুদ্ধে একটি বাধার উৎপত্তি হয়, এ বাধাকে ঘর্ষণ বলে। আর এই বাধাদানকারী বলকে ঘর্ষণ বল বলা হয়।

ঘর্ষণ বল সর্বদা গতির বিপরীত দিকে ক্রিয়া করে। ঘর্ষণ সবসময় গতিকে বাধা দেয়।

ঘর্ষণের উৎপত্তি

যখন একটি বস্তুর তল অপর বস্তুর তলের উপর দিয়ে গতিশীল হয়, তখন প্রত্যেক বস্তু অপর বস্তুর উপর ঘর্ষণ বল প্রয়োগ করে। এখন প্রশ্ন আসে ঘর্ষণ কেন হয়? ঘর্ষণ হলো যেকোনো দুইটি তলের অনিয়মিত প্রকৃতির ফল। প্রত্যেক বস্তুরই তল আছে। আবার তল মসৃণ অথবা অমসৃণ দুই হতে পারে। আপাত দৃষ্টিতে কোনো বস্তুর তলকে মসৃণ বলে মনে হলেও অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে দেখলে এর উপর অনেক উঁচু নিচু খাঁজ লক্ষ করা যায় [চিত্র ৩.১০]। যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর উপর দিয়ে গতিশীল হয়, তখন উভয় বস্তুর স্পর্শতলের এ খাঁজগুলো একটির ভিতর আরেকটি ঢুকে যায় অর্থাৎ খাঁজগুলো পরস্পর আটকে যায়। যার ফলে একটি তলের উপর দিয়ে অপর তলের গতি বাধাগ্রস্ত হয়।

কোনো তলের উঁচু নিচু খাঁজ যত বেশি এবং গভীর হবে অর্থাৎ তল যত বেশি অমসৃণ হবে, এক তলের উপর দিয়ে অন্য তলের গতি তত বেশি বাধাগ্রস্ত হবে। ফলে ঘর্ষণ বলের মানও বেড়ে যাবে। স্পর্শতলের এই বাধাকে অতিক্রম করতে পারলে তবেই বস্তুটি গতিশীল থাকে। ঘর্ষণের ফলে বস্তুর গতি হ্রাস পায় এবং অবশেষে থেমে যায়।



চিত্র : ৩.১০

ঘর্ষণের প্রকারভেদ :

ঘর্ষণ সাধারণত চার প্রকারের হয়—

- ১। স্থিতি ঘর্ষণ (Static friction)
- ২। পিছলানো ঘর্ষণ (Sliding friction)
- ৩। আবর্ত ঘর্ষণ (Rolling friction)
- ৪। প্রবাহী ঘর্ষণ (Fluid friction)

স্থিতি ঘর্ষণ

দুইটি তলের একটি অপরটির সাপেক্ষে গতিশীল না হলে এদের মধ্যে যে ঘর্ষণ সৃষ্টি হয় তা হলো স্থিতি ঘর্ষণ।

অর্থাৎ যখন একটি বস্তুর উপর বল প্রয়োগ করা হয়, কিন্তু এ বল বস্তুর গতি সৃষ্টি করতে পারে না তখন স্থিতি ঘর্ষণ কাজ করে। আবার মেঝের উপর অবস্থিত একটি ভারী বস্তুকে টানার পরও গতিশীল না হলে যে ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয় তা হলো স্থিতি ঘর্ষণ বল। অর্থাৎ প্রযুক্ত বলের বিপরীতে স্থিতি ঘর্ষণ বল উৎপন্ন হয় এবং গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত এ বল কাজ করে।

দুইটি স্থির বস্তু পরস্পরের সংস্পর্শে থাকা অবস্থায় একটিকে অপরটির উপর দিয়ে গতিশীল করার চেষ্টা করা হলে এদের মধ্যে আপেক্ষিক গতি সৃষ্টি না হওয়া পর্যন্ত যে ঘর্ষণ বল ক্রিয়া করে তাকে স্থিতি ঘর্ষণ বলে।

পিছলানো ঘর্ষণ

যখন একটি বস্তু অন্য একটি বস্তুর তথা তলের উপর দিয়ে পিছলিয়ে (Slide) বা ঘেঁষে চলতে চেষ্টা করে বা চলে তখন যে ঘর্ষণের সৃষ্টি হয় তাকে পিছলানো ঘর্ষণ বলে।

পিছলি রাস্তায় চলার সময় অনেক সময় আমরা পড়ে যাই এবং পিছলিয়ে অনেকটা দূরত্ব অতিক্রম করি। দ্রুতবেগে গতিশীল কোনো গাড়িতে হার্ড ব্রেক কবলে গাড়িটি না থেমে পিছলিয়ে খানিকটা দূরত্ব অগ্রসর হয়। এগুলো পিছলানো ঘর্ষণের উদাহরণ।

আবর্ত ঘর্ষণ

যখন একটি বস্তু অপর একটি তলের উপর দিয়ে গড়িয়ে চলে তখন গতির বিরুদ্ধে যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে তাকে আবর্ত ঘর্ষণ বল বলে।

সাইকেলের চাকার গতি, মার্বেলের গতি হলো আবর্ত ঘর্ষণের উদাহরণ। ভ্রমণের সময় মালামাল পরিবহনের জন্য আমরা চাকা লাগানো লাগেজ ব্যবহার করি। যদি লাগেজে চাকা লাগানো না থাকত তখন এটিকে একস্থান থেকে অন্যস্থানে পিছলিয়ে টেনে নিতে বেশ কষ্ট হতো। কিন্তু চাকা লাগানোর ফলে লাগেজ টেনে নেওয়া বেশ সহজতর হয়। অর্থাৎ আবর্ত ঘর্ষণ বল পিছলানো ঘর্ষণের তুলনায় কম।

প্রবাহী ঘর্ষণ

যখন কোনো বস্তু যেকোনো প্রবাহী পদার্থ যেমন— তরল বা বায়বীয় পদার্থের মধ্যে গতিশীল থাকে তখন যে ঘর্ষণ ক্রিয়া করে তাকে প্রবাহী ঘর্ষণ বলে।

যখন পুকুরে সাঁতার কাটা হয় তখন পুকুরের পানির মধ্য দিয়ে একটি বাধাকে অতিক্রম করতে হয়। আর এ বাধাই হলো প্রবাহী ঘর্ষণ। প্যারাসুট বায়ুর বাধাকে কাজে লাগিয়ে কাজ করে। এখানে বায়ুর বাধা হলো এক ধরনের ঘর্ষণ বল যা পৃথিবীর অভিকর্ষ বলের বিপরীতে ক্রিয়া করে। খোলা অবস্থায় প্যারাসুটের বাহিরের তলের ক্ষেত্রফল অনেক বেশি হওয়ায় বায়ুর বাধার পরিমাণও বেশি হয়, যার ফলে আরোহীর পতনের গতি অনেক হ্রাস পায়। ফলে আরোহী ধীরে ধীরে মাটিতে নিরাপদে নেমে আসে।

৩.১১ গতির উপর ঘর্ষণের প্রভাব

Effect of friction on motion

কোনো বস্তুর গতির উপর ঘর্ষণের ব্যাপক প্রভাব রয়েছে। ঘর্ষণ হলো এক ধরনের বাধাদানকারী বল, যা বস্তুর গতিকে মন্থর করে। ঘর্ষণ আমাদের দৈনন্দিন জীবনে অনেক সমস্যা সৃষ্টি করলেও চলাচল ও যানবাহন চালানার জন্য ঘর্ষণ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এ অনুচ্ছেদে টায়ারের গৃষ্ঠ, রাস্তার মসৃণতা এবং গতি নিয়ন্ত্রণে ঘর্ষণের ভূমিকা নিয়ে আলোচনা করা হবে।

টায়ারের গৃষ্ঠ

গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ আছে বলেই গাড়ি চালনা সম্ভব হয়েছে। টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী এ ঘর্ষণ বলের মান নির্ভর করে টায়ারের গৃষ্ঠ এবং রাস্তার তলের বাহ্যিক অবস্থার উপর। এটি গাড়ির ওজনের উপরও নির্ভর করে। গাড়ির টায়ারে রাবারের উপর বিভিন্ন নকশায় দাঁত বা ঝাঁজ



চিত্র : ৩.১১

কাটা থাকে [চিত্র ৩.১১]। এ খাঁজগুলো থাকার ফলে টায়ারের পৃষ্ঠ উঁচু নিচু হয়। টায়ার যখন নতুন থাকে তখন এই উঁচু নিচু খাঁজগুলো সুস্পষ্ট থাকে বিধায় রাস্তা ও টায়ারের মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বল সর্বোচ্চ হয়। অন্যদিকে টায়ার যখন পুরনো হয়ে যায় তখন এর খাঁজগুলো মিলিয়ে যায় এবং টায়ারের পৃষ্ঠ সমতল হয়ে পড়ে। এর ফলে রাস্তা ও টায়ারের ঘর্ষণ বল অনেকটা কমে যায়। এর ফলে কী অসুবিধা হতে পারে বল।

রাস্তার মসৃণতা

বস্তুর গতির উপর রাস্তার মসৃণতার প্রভাব অনেক বেশি। রাস্তা মসৃণ হলে রাস্তায় যানবাহন চলাচল সহজতর হয় এবং ভ্রমণ আরামদায়ক হয়। রাস্তা যত বেশি মসৃণ হবে বাধাদানকারী ঘর্ষণ বলের মানও তত কম হবে। গাড়ির টায়ার এবং রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বলের মান টায়ারের এবং একই সাথে রাস্তার মসৃণতার উপর নির্ভর করে। ঘর্ষণ বলের পরিমাণ অনেক কমে গেলে নানা ধরনের সমস্যারও সৃষ্টি হয়। তাই রাস্তাকে খুব বেশি মসৃণ করাও ঠিক নয়। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে ব্রেক প্রয়োগ করা সত্ত্বেও গাড়িকে সুনির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভব হয়ে উঠে না। গাড়ির গতির জন্য ঘর্ষণ খুব গুরুত্বপূর্ণ। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে প্রয়োজনীয় প্রতিক্রিয়া বল সৃষ্টি হয় না। রাস্তা বেশি মসৃণ হলে ঘর্ষণ বলের মান অত্যধিক কমে যায়, ফলে গাড়ি সামনের দিকে অগ্রসর হয় না। তাই রাস্তার মসৃণতা এমন হবে যাতে করে রাস্তা প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বলের যোগান দেয়।

গতি নিয়ন্ত্রণ এবং ব্রেকিং বল

যানবাহন চলাচলের সময় প্রয়োজন অনুযায়ী যানবাহনের গতিকে বৃদ্ধি বা হ্রাস করতে হয়। অর্থাৎ যানবাহনের গতিকে নিয়ন্ত্রণের প্রয়োজন পড়ে।

ব্রেক হচ্ছে এমন এক ব্যবস্থা যা ঘর্ষণের পরিমাণ বৃদ্ধি করে গাড়ির গতি তথা চাকার ঘূর্ণনকে প্রয়োজন অনুযায়ী নিয়ন্ত্রণ করে। এর মাধ্যমে যানবাহনকে নির্দিষ্ট স্থানে থামানো সম্ভব হয়। যখন গাড়ির চালক ব্রেক প্রয়োগ করেন, তখন এসবেস্টসের তৈরি সু বা প্যাড চাকায় অবস্থিত ধাতব চাকতিকে ধাক্কা দেয়। প্যাড ও চাকতির মধ্যবর্তী ঘর্ষণ চাকার গতিকে কমিয়ে দেয়। ফলে গাড়ির বেগ হ্রাস পায়।

৩.১২ ঘর্ষণের হ্রাস বৃদ্ধি

Increase and decrease of friction

ঘর্ষণ আমাদের দৈনন্দিন জীবনের সাথে ওতপ্রোতভাবে জড়িয়ে আছে। প্রয়োজনে ঘর্ষণকে বৃদ্ধি করা যায়, আবার প্রয়োজনে ঘর্ষণকে হ্রাসও করা যায়। এ অনুচ্ছেদে ঘর্ষণকে কীভাবে হ্রাস ও বৃদ্ধি করা যায় তা নিয়ে আলোচনা করা হলো।

ঘর্ষণের হ্রাস :

তলকে মসৃণ করা

ঘর্ষণের ফলে একটি বস্তুকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে সরাতে বেশ ঝামেলা পোহাতে হয়। ধর তুমি একটি ভারী বস্তুকে মেঝের উপর দিয়ে সরাতে চাও। যদি স্পর্শতলের ঘর্ষণের পরিমাণ খুব বেশি হয় তবে বস্তুটিকে সরাতে অনেক বেশি পরিশ্রম করতে হবে। তলকে মসৃণ করার মাধ্যমে এ ঘর্ষণকে কমানো যেতে পারে।

চাকার ব্যবহার

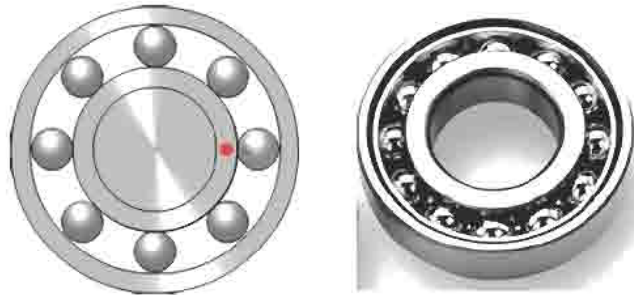
বাস, ট্রাকসহ বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে চাকা লাগানো থাকে। চাকা হলো একটি সুকৌশল আবিষ্কার। চাকার বৃত্তাকার আকার ঘর্ষণ কমাতে ন্যূনতম পর্যায়ে নামিয়ে আনে। চাকা না থাকলে এ সকল যন্ত্রপাতিতে চালানো সম্ভব হতো কি? সুটকেসে চাকা লাগানোর ফলে ঘর্ষণের মান কমে যায় এবং এটি টানা সহজতর হয়। চাকা লাগানোর ফলে আবর্ত ঘর্ষণের মান পিছলানো ঘর্ষণের তুলনায় অনেক কমে যায়।

পিচ্ছিলকারী পদার্থের ব্যবহার

তেল, মবিল এবং গ্রিড জাতীয় পদার্থকে সংক্ষেপে লুব্রিকেন্ট বা পিচ্ছিলকারী পদার্থ বলে। দুইটি তলের মধ্যবর্তী স্থানে যখন এ ধরনের লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা হয় তখন ঘর্ষণের পরিমাণ অনেকাংশে কমে যায়। কোনো ইঞ্জিনের গতিশীল যন্ত্রাংশের মধ্যবর্তী স্থানে তাই লুব্রিকেন্ট ব্যবহার করা হয়। এছাড়া বাড়িতে সেলাই মেশিনে, তালায় বা কজাতে আমরা তেল ব্যবহার করি।

বল-বেয়ারিং-এর ব্যবহার

চাকা আবিষ্কারের অনুরূপ আরেকটি গুরুত্বপূর্ণ আবিষ্কার হলো বল-বেয়ারিং আবিষ্কার। বল-বেয়ারিং ব্যবহারের মাধ্যমে বিভিন্ন তলের মধ্যবর্তী ঘর্ষণকে আরো কমানো সম্ভবপর হয়েছে। বল-বেয়ারিং হলো ক্ষুদ্র, মসৃণ ধাতব বল। এগুলো সাধারণত ইস্পাতের তৈরি। বল-বেয়ারিং কোনো যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলোর মধ্যবর্তী স্থানে বসানো থাকে। বল-বেয়ারিংগুলোর ঘূর্ণনের ফলে যন্ত্রের গতিশীল অংশগুলো পরস্পরের সঙ্গে সরাসরি ঘর্ষণ সৃষ্টি করতে পারে না। অর্থাৎ তলগুলো একটি অপরাটির উপর দিয়ে পিছলানোর পরিবর্তে গড়িয়ে যায় এবং ঘর্ষণ কমে যায়। গাড়ির চাকায়, সাইকেলে এবং বৈদ্যুতিক পাখায় বল-বেয়ারিং দেখতে পাওয়া যায় [চিত্র ৩.১২]।



চিত্র : ৩.১২

ঘর্ষণের বৃদ্ধি :

গাড়ি চালানো

রাস্তার ঘর্ষণ না থাকলে গাড়ির টায়ার একস্থানে শুধু ঘুরপাক খেত। বৃষ্টির দিনে পিচ্ছিল অথবা কর্দমাক্ত রাস্তায় তোমরা হয়তো দেখেছো কেমন করে ট্রাক বা বাস একস্থানে আটকে থাকে। এর কারণ কী? এর কারণ হলো ঘর্ষণের পরিমাণ অনেক কমে যাওয়া। তাই প্রয়োজন অনুযায়ী ঘর্ষণকে বাড়াতেও হয়। গাড়ির টায়ারকে এমনভাবে তৈরি করা হয় যেন এটি চলার সময় রাস্তাকে ভালোভাবে আকড়ে ধরে রাখে এবং প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বল সৃষ্টি করে। এজন্য টায়ারের উপরের পৃষ্ঠে বিভিন্ন ধরনের দাঁত বা ঝাঁজ কাটা থাকে। বৃষ্টির দিনে বৃষ্টির পানি বা কাদা টায়ারের ঝাঁজের মধ্যে ঢুকে পড়ে এবং টায়ার পানি বা কাদাকে সঙ্গে করে বের করে দেয়। ফলে টায়ার রাস্তার তলকে ভালোভাবে আকড়ে ধরে। অর্থাৎ তলকে অমসৃণ করার মাধ্যমে ঘর্ষণকে বাড়ানো যেতে পারে।

জুতার নিচ খাঁজ কাটা

হাঁটার জন্য ঘর্ষণ খুবই প্রয়োজন। তোমরা দেখতে পাবে জুতার তলদেশ ঢেউ খেলানো বা খাঁজকাটা থাকে। জুতা পায়ে হাঁটার সময় জুতার খাঁজগুলো রাস্তাকে আকড়ে ধরে রাখে এবং প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ বলের যোগান দেয়। জুতা ও রাস্তার মধ্যবর্তী ঘর্ষণ বৃদ্ধি করার জন্যই জুতার তলদেশ এরূপ হয়ে থাকে। জুতা পুরানো হয়ে গেলে খাঁজগুলো অনেকাংশে মিলিয়ে যায়। যার দরুন পিচ্ছিল বা ভেজা রাস্তায় জুতা পায়ে হাঁটা কষ্টকর হয়ে উঠে। লক্ষ করলে দেখবে আমাদের পায়ের তলাও সমতল নয়।

পাহাড়ে আরোহণ

যে সকল ব্যক্তি পাহাড়ে আরোহণ করেন তাদেরকে শিলাখন্ড বা পাহাড়ের তলকে ভালোভাবে পা এবং হাত দ্বারা আঁকড়ে ধরে রাখতে হয়। ধরে রাখার জন্য তারা চক পাউডার ব্যবহার করেন।

খেলোয়ারদের বুটের নিচে স্পাইক থাকে যাতে দৌড়ানোর সময় পড়ে না যায়।

৩.১৩ ঘর্ষণ : একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব

Friction: a necessary evil

ঘর্ষণের অনেক অসুবিধা থাকা সত্ত্বেও ঘর্ষণকে একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব হিসেবে গণ্য করা হয়। এর কারণ কী? ঘর্ষণ ছাড়া আমরা কোনো কিছুই করতে পারিনা। যদি ঘর্ষণ না থাকত তা হলে বস্তুর কোনো গতিই আর শেষ হতো না, বিরামহীনভাবে চলতে থাকত। ঘর্ষণ আছে বলেই দেয়ালে একটি পেরেক স্থিরভাবে আটকে থাকে। ঘর্ষণের কারণেই পাকা দালান ও বাড়িঘর নির্মাণ করা সম্ভব হয়েছে। ঘর্ষণের ফলে কাগজে পেনসিল বা কলম দিয়ে লিখতে পারছি। আমাদের জুতা এবং মাটির মধ্যে সৃষ্ট ঘর্ষণের কারণে আমরা হাঁটাচলা করতে পারি। ঘর্ষণের জন্য আমরা প্রয়োজন অনুযায়ী গাড়ির গতির দিক পরিবর্তন করতে পারি। বাতাসের ঘর্ষণ আছে বলেই প্যারাসুট ব্যবহার করে বিমান থেকে নিরাপদে মাটিতে নামা সম্ভব হয়েছে। এতসব উপকারী দিক থাকা সত্ত্বেও ঘর্ষণের জন্য আমাদের কম বামেলা পোহাতে হয় না। অতিরিক্ত ঘর্ষণের কারণে যানবাহন সহজে চলতে পারে না। যন্ত্রপাতির গতিশীল অংশগুলোর মধ্যে ঘর্ষণের ফলে এরা ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ছিঁড়ে যায়। যেকোনো ধরনের যানবাহন তা গাড়ি, নৌকা বা উড়োজাহাজ হোক না কেন, অতিরিক্ত ঘর্ষণকে অতিক্রম করতে অতিরিক্ত জ্বালানি খরচ করতে হয়। যার দরুন ঘর্ষণের ফলে জ্বালানি শক্তির অপচয় হয়।

ঘর্ষণের ফলে শক্তির যে অপচয় হয় তা প্রধানত তাপশক্তিরূপে আবির্ভূত হয়। ঘর্ষণের ফলে শুধু যে শক্তি তাপে পরিণত হয় তাই নয়, এর ফলে ইঞ্জিনের যন্ত্রাংশ অত্যধিক উত্তপ্ত হয়ে উঠে। যার দরুন ইঞ্জিন নষ্ট হয়ে যেতে পারে। ঘর্ষণের ফলে জুতার সোল ক্ষয়প্রাপ্ত হয় এবং ছিঁড়ে যায়। তাই আমাদের কাজকর্ম ও জীবন যাপন সহজ করার জন্য ঘর্ষণ যেমন প্রয়োজন, তেমনি অতিরিক্ত ঘর্ষণ অনেক ক্ষয়ক্ষতিরও কারণ। তাই প্রয়োজনীয় ঘর্ষণ সৃষ্টির জন্য ঘর্ষণকে নিয়ন্ত্রণ করতে হয়। কখনো আমরা ঘর্ষণকে বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে কমাতে চাই, আবার কখনো একে বাড়াতে চাই। অর্থাৎ ঘর্ষণকে যেমন পুরোপুরি বাদ দেওয়া যায় না, তেমনিভাবে অনেক ক্ষেত্রে ঘর্ষণ আমাদের উপকারে আসে। এজন্য ঘর্ষণকে বলা হয় একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব।

প্রতিবেদন রচনা

আমাদের জীবনে ঘর্ষণের ইতিবাচক প্রভাব সম্পর্কে একটি প্রতিবেদন প্রস্তুত করে শিক্ষকের কাছে উপস্থাপন কর।
শিক্ষক সবচেয়ে ভালো প্রতিবেদন নির্বাচন করে শ্রেণি কক্ষে উপস্থাপন করতে বলবেন।

অনুসন্ধান ৩.১ : কোনো বস্তুর উপর প্রযুক্ত বল পরিমাপ

উদ্দেশ্য : সহজ পরীক্ষণের সাহায্যে বল পরিমাপ করা।

সূত্র : আমরা জানি, কোনো বস্তুর উপর F বল ক্রিয়া করলে এবং বল প্রয়োগের ফলে সৃষ্ট ত্বরণ a হলে, $F = ma$ এখানে m বস্তুর ভর। অভিকর্ষ বলের ক্ষেত্রে বস্তুর ত্বরণ a কে g দ্বারা প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ অভিকর্ষ বল বা বস্তুর ওজন, $W = mg$ । এখানে বলের উদাহরণ হিসেবে আমরা বস্তুর ওজন পরিমাপ করব।

যন্ত্রপাতি : স্প্রিং নিক্তি, বস্তু।

কাঙ্ক্ষের ধারা :

১. নিউটন এককে দাগাঙ্কিত একটি স্প্রিং নিক্তি দেয়ালে ঝুলিয়ে নাও।
২. এবার স্প্রিং-এর নিচের হুকে বস্তুটি ঝুলিয়ে দাও।
৩. স্প্রিং নিক্তির স্কেল থেকে বস্তুর ওজন তথা অভিকর্ষ বলের পাঠ রেকর্ড কর এবং ছকে বসাও।
৪. একইভাবে ৩ নং প্রক্রিয়া অনুসরণ করে কয়েকবার বস্তুর ওজন নির্ণয় কর এবং ছকে স্থাপন কর।
৫. এবার বস্তুর উপর প্রযুক্ত গড় বল বা ওজন নির্ণয় কর।

ক্রমিক সংখ্যা	বস্তুর ওজন (নিউটন)	গড় ওজন নিউটন
১.		
২.		
৩.		
৪.		
৫.		

এখন এই বস্তুর পরিবর্তে বিভিন্ন বস্তু নিয়ে কয়েকবার পরীক্ষণ সমাপ্ত কর এবং তাদের ওজন নির্ণয় কর।

অনুশীলনী**ক. বহুনির্বাচনী প্রশ্ন**

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (✓) চিহ্ন দাও

১। বস্তু যে অবস্থায় আছে চিরকাল সে অবস্থায় থাকতে চাওয়ার যে প্রবণতা বা ধর্ম তাকে কী বলে?

- (ক) বল (খ) ত্বরণ
(গ) জড়তা (ঘ) বেগ

২। বলের মাত্রা কোনটি?

- (ক) MLT^{-2} (খ) MLT^{-1}
(গ) $ML^{-2}T^{-2}$ (ঘ) $M^{-1}LT^{-2}$

৩। ভরবেগের একক কোনটি?

- (ক) kg m (খ) kg ms^{-1}
(গ) $\text{kg m}^2\text{s}^{-1}$ (ঘ) kg ms^{-2}

৪। 5 kg ভরের একটি বস্তু 50 N বল প্রয়োগ করা হলে, এর ত্বরণ হবে—

- (ক) 12 ms^{-2} (খ) 8 ms^{-2}
(গ) 13 ms^{-2} (ঘ) 10 ms^{-2}

৫। 10 kg ভরের কোনো বস্তু 10 ms^{-1} বেগে গতিশীল হলে এর ভরবেগ হবে—

- (ক) 10 kg ms^{-1} (খ) 120 kg ms^{-1}
(গ) 100 kg ms^{-1} (ঘ) 1 kg ms^{-1}

খ. সৃজনশীল প্রশ্ন

১। ফারুক 4 kg ভরের একটি বক্স একটি মেঝের উপর দিয়ে সমবেগে টেনে নিল। বক্স ও মেঝের মধ্যকার ঘর্ষণ বলের মান হল 1.5 N। বক্সটিকে টেনে নেওয়ায় এর ত্বরণ হল 0.8 ms^{-2} । এরপর বক্সটিকে ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে একই বল প্রয়োগ করে টানা হলো।

ক) সাম্য বল কাকে বলে?

খ) ঘর্ষণ বল কেন উৎপন্ন হয়?

গ) প্রথম ক্ষেত্রে বক্সটির উপর প্রযুক্ত বলের মান নির্ণয় কর।

ঘ) ঘর্ষণযুক্ত ও ঘর্ষণবিহীন মেঝেতে ত্বরণের কীরূপ পরিবর্তন হবে? গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

গ. সাধারণ প্রশ্ন

১। জড়তা কাকে বলে? জড়তা কত প্রকার?

২। বল কাকে বলে?

৩। কোনো স্থির বস্তুর জড়তা কী দ্বারা পরিমাপ করা হয়?

৪। সাম্য বল ও অসাম্য বল বলতে কী বুঝ?

৫। কোনো বস্তুর ভরবেগ কাকে বলে?

৬। দেখাও যে, $\text{বল} = \text{ভর} \times \text{ত্বরণ}$ ।

৭। ভরবেগের সংরক্ষণ নীতি বলতে কী বুঝ?

৮। ঘর্ষণ কাকে বলে? বিভিন্ন প্রকার ঘর্ষণের নাম লিখ।

৯। ঘর্ষণ একটি প্রয়োজনীয় উপদ্রব— এর স্বপক্ষে যুক্তি দাও।